

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010949590 **Image available**

WPI Acc No: 1996-446540/ 199645

XRPX Acc No: N96-376174

Optical connector for optical bus interconnection system which includes e.g. surface-emission laser, optical modulator - has optical propagation substrate whose conjugate image surface and several opto-electronic components, installed in planar micro-lens array substrate, are provided at Fourier conversion surface

Patent Assignee: GIJUTSU KENKYUKUMIAI SHIN JOHO SHORI KAI (GIJU-N); NIPPON SHEET GLASS CO LTD (NIPG)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 8220357	A	19960830	JP 9526388	A	19950215	199645 B

Priority Applications (No Type Date): JP 9526388 A 19950215

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 8220357	A	16	G02B-006/122	

Abstract (Basic): JP 8220357 A

The connector includes an optical propagation substrate (12) in which several multi-stage refractive index profile rod lenses (10) arranged in parallel are provided. A planar micro lens array substrate (16) attached and fixed at the optical propagation substrate has several planar micro lens arrays for an optical path switch component in an opposite position.

Several diffraction optical components (18) positioned between the optical propagation substrate and the planar micro lens array substrate are provided on the optical axis of an image formation system. A conjugate image surface at the side surface of the optical propagation substrate and several opto-electronic components (14) installed at the planar micro lens array substrate are provided at a Fourier conversion surface.

ADVANTAGE - Provides optical connector which enables shifting light. Enables recombining rank between arrays and efficiently expands degrees of freedom of optical connector. Obtains free optical connection if liq. crystal spatial optical modulator which can write in diffraction optical component is used.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-220357

(43)公開日 平成8年(1996)8月30日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/122

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/12

技術表示箇所

B

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平7-26388

(22)出願日 平成7年(1995)2月15日

(71)出願人 000004008

日本板硝子株式会社

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

(71)出願人 593162453

技術研究組合新情報処理開発機構

東京都千代田区東神田2-5-12 龍角散ビル8階

(72)発明者 浜中 賢二郎

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

日本板硝子株式会社内

(72)発明者 新井 大介

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

日本板硝子株式会社内

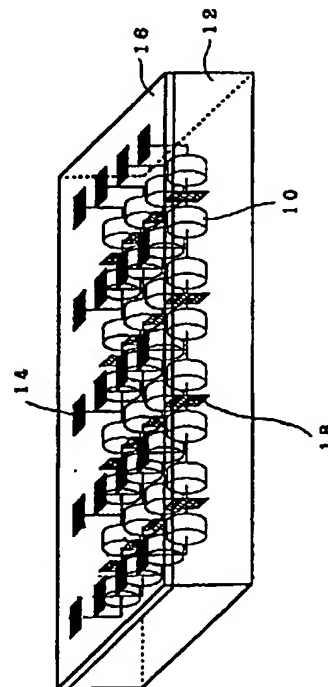
(74)代理人 弁理士 岩佐 義幸

(54)【発明の名称】 光学接続装置およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 光接続の自由度を拡大した光学接続装置およびその製造方法を提供する。

【構成】 光学接続装置は、屈折率分布型ロッドレンズ10が多段かつ平行な多数列に配列された光伝播基板12と、基板12に接着固定された平板マイクロレンズアレイ基板16と、基板16に表面実装された光電子部品14とから構成され、光路中に回折光学素子18が設けられている。また光伝播基板12と平板マイクロレンズアレイ基板16との間にも回折光学素子が設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 テレセントリックな結像系を1単位として、この結像系が同一の光軸上に少なくとも1段以上配列されたものが、少なくとも1列以上並列に、光透過性平板内に配列された光伝播基板と、

前記光伝播基板内の前記光軸上に設けられ、光を前記光軸とは直角の方向に、かつ前記光伝播基板の一方の面側に向かうように光路を変更する少なくとも2個以上の光路変更素子と、

前記光伝播基板の前記一方の面側に設けられ、前記光路変更素子に対向する位置に複数の平板マイクロレンズアレイを有する平板マイクロレンズアレイ基板と、

前記結像系の光軸上に設けられた少なくとも1個以上の回折光学素子と、

前記光伝播基板の他方の面側の共役像面およびまたはフーリエ変換面に設けられた少なくとも2個以上の光電子部品と、を備えることを特徴とする光学接続装置。

【請求項2】 請求項1記載の光学接続装置において、前記結像系は、2個の屈折率分布型ロッドレンズにより構成され、

前記回折光学素子は、前記2個の屈折率分布型ロッドレンズの間のフーリエ変換面に設けられた第1の透過型回折光学素子と、前記結像系の共役像面に対応する2個の平板マイクロレンズアレイのレンズ面側にそれぞれ設けられた第2の透過型回折光学素子とからなり、

前記光路変更素子は、前記2個の屈折率分布型ロッドレンズの前記フーリエ変換面とは反対側の面にそれぞれ設けられている光学接続装置。

【請求項3】 請求項2記載の光学接続装置において、前記第1の透過型回折光学素子は、前記結像系における光のシフト量を決定する、所望の回折角に対応する格子パターン₁の回折格子アレイよりなり、

前記第2の透過型回折光学素子は、前記光電子部品の素子アレイのマトリックス配列に対応して、所望の回折角に対応する格子パターン₂の回折格子アレイよりなる光学接続装置。

【請求項4】 請求項1記載の光学接続装置において、前記結像系は、2個の屈折率分布型ロッドレンズにより構成され、

前記光路変更素子は、前記2個の屈折率分布型ロッドレンズの間に設けられた第1の光路変更素子と、前記2個の屈折率分布型ロッドレンズの前記第1の光路変更素子が設けられた面とは反対側の面にそれぞれ設けられた第2の光路変更素子とからなり、

前記回折光学素子は、前記第1の光路変更素子に対向する前記平板マイクロレンズアレイ基板の面側に設けられた反射型回折光学素子と、前記結像系の共役像面に対応する2個の平板マイクロレンズアレイのレンズ面側にそれぞれ設けられた透過型回折光学素子とからなる光学接続装置。

【請求項5】 請求項4記載の光学接続装置において、前記第1の光路変更素子は、少なくとも偏光ビームスプリッタと1/4波長板からなり、

前記第2の光路変更素子は、プリズム、または少なくとも偏光ビームスプリッタと1/4波長板からなる光学接続装置。

【請求項6】 請求項4または5記載の光学接続装置において、

前記反射型回折光学素子を、透過型回折光学素子とミラーとで置き換えた光学接続装置。

【請求項7】 請求項4記載の光学接続装置において、前記反射型回折光学素子は、前記結像系における光のシフト量を決定する、所望の回折角に対応する格子パターン₁の回折格子アレイよりなり、

前記透過型回折光学素子は、前記光電子部品の素子アレイのマトリックス配列に対応して、所望の回折角に対応する格子パターン₂の回折格子アレイよりなる光学接続装置。

【請求項8】 請求項7記載の光学接続装置において、前記反射型回折光学素子および前記透過型回折光学素子は、書き込み光により所望の回折角に対応する回折格子パターン₁を書込むことのできる液晶空間光変調素子である光学接続装置。

【請求項9】 請求項1～8のいずれかに記載の光学接続装置において、

前記光電子部品は、発光素子アレイ、受光素子アレイ、光ファイバアレイ、光導波路への光入出力デバイス、空間変調デバイスまたは回折型光学デバイスである光学接続装置。

【請求項10】 第1および第2の光透過性平面基板に、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工またはエッチングにより溝を作製する工程と、

半径方向に屈折率分布を持つ円柱形状の長尺ロッドレンズを、前記溝に配列し、第1および第2の光透過性平面基板間に一体化し固定する工程と、

前記第1の光透過性平面基板および前記ロッドレンズを、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工により、前記第2の光透過性平面基板の一部を残して、前記ロッドレンズの軸と垂直な方向に切断することによって、屈折率分布型ロッドレンズに分割する工程と、

前記分割により形成された前記屈折率分布型ロッドレンズと屈折率分布型ロッドレンズとの隙間に、光路変更素子および第1の透過型回折光学素子を挿入固定して、光伝播基板を作製する工程と、

複数の平板マイクロレンズアレイを有する平板マイクロレンズアレイ基板の、前記光路変更素子に対向した平板マイクロレンズアレイのレンズ面側に第2の透過型回折光学素子を作製する工程と、

前記平板マイクロレンズアレイ基板を前記光伝播基板にアライメントして接着固定する工程と、

前記平板マイクロレンズアレイ基板のマイクロレンズとは反対側の面に光電子部品を実装する工程と、を含むことを特徴とする光学接続装置の製造方法。

【請求項11】第1および第2の光透過性平面基板に、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工またはエッチングにより溝を作製する工程と、

半径方向に屈折率分布を持つ円柱形状の長尺ロッドレンズを、前記溝に配列し、第1および第2の光透過性平面基板間に一体化し固定する工程と、

前記第1の光透過性平面基板および前記ロッドレンズを、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工により前記第2の光透過性平面基板の一部を残して、前記ロッドレンズの軸と垂直な方向に切断することによって、屈折率分布型ロッドレンズに分割する工程と、

前記分割により形成された前記屈折率分布型ロッドレンズと屈折率分布型ロッドレンズとの間に第1の光路変更素子を挿入固定し、前記屈折率分布型ロッドレンズの前記第1の光路変更素子とは反対側に第2の光路変更素子を挿入固定して、光伝播基板を作製する工程と、

複数の平板マイクロレンズアレイを有する平板マイクロレンズアレイ基板の、前記第2の光路変更素子に対向した平板マイクロレンズアレイのレンズ面側に透過型回折光学素子を、および前記第1の光路変更素子に対向した平板マイクロレンズアレイのレンズ面側に反射型回折光学素子またはミラー付き透過型回折光学素子を作製する工程と、

前記平板マイクロレンズアレイ基板を前記光伝播基板にアライメントして接着固定する工程と、

前記平板マイクロレンズアレイ基板の平板マイクロレンズアレイとは反対側の面に光電子部品を実装する工程と、を含むことを特徴とする光学接続装置の製造方法。

【請求項12】第1および第2の光透過性平面基板に、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工またはエッチングにより溝を作製する工程と、

半径方向に屈折率分布を持つ円柱形状の長尺ロッドレンズを、前記溝に配列し、第1および第2の光透過性平面基板間に一体化し固定する工程と、

前記第1の光透過性平面基板および前記ロッドレンズを、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工により前記第2の光透過性平面基板の一部を残して、前記ロッドレンズの軸と垂直な方向に切断することによって、屈折率分布型ロッドレンズに分割する工程と、

前記分割により形成された前記屈折率分布型ロッドレンズと屈折率分布型ロッドレンズとの隙間に、光路変更素子を挿入固定して、光伝播基板を作製する工程と、

複数の平板マイクロレンズアレイを有する平板マイクロレンズアレイ基板の、前記光路変更素子に対向したレンズ面側に液晶空間光変調素子を作製する工程と、

前記平板マイクロレンズアレイ基板を、前記液晶空間光変調素子に対向させて前記光伝播基板にアライメントし

て接着固定する工程と、

前記平板マイクロレンズアレイ基板のマイクロレンズとは反対側の面にデバイス部品を実装する工程と、を含むことを特徴とする光学接続装置の製造方法。

【請求項13】請求項10～12のいずれかに記載の光学接続装置において、

前記平板マイクロレンズアレイ基板を前記光伝播基板にアライメントするに際し、

第1のアライメントマーカと第2のアライメントマーカが、異なる位置に設けられた前記平板マイクロレンズアレイ基板を、前記光伝播基板上に配置する工程と、前記第1アライメントマーカに光を照射し、第1のマーカの像を、前記光伝播基板を経て、第2のマーカの近傍に結像させる工程と、

前記第1のアライメントマーカの像と前記第2のアライメントマーカとを位置合わせする工程と、を含む光学接続装置の製造方法。

【請求項14】請求項10～12のいずれかに記載の光学接続装置において、

前記平板マイクロレンズアレイ基板を前記光伝播基板にアライメントするに際し、

第1のアライメントマーカと第2のアライメントマーカと第3のアライメントマーカとが、それぞれ異なる位置に設けられた前記平板マイクロレンズアレイ基板を、前記光伝播基板上に配置する工程と、

前記第1のアライメントマーカに光を照射し、第1のマーカの一部の像を、前記光伝播基板を経て、第2のマーカの近傍に結像させる工程と、

前記第1のマーカ他部の像を、前記光伝播基板を経て、第3のマーカの近傍に結像させる工程と、

前記第1のアライメントマーカの一部の像と前記第2のアライメントマーカとを位置合わせする工程と、

前記第1のアライメントマーカ他部の像と前記第3のアライメントマーカとを位置合わせする工程と、を含む光学接続装置の製造方法。

【請求項15】請求項13または14記載の光学接続装置において、

前記アライメントマーカを、前記平板マイクロレンズアレイのレンズ面に設けられた遮光膜をエッチング除去して形成する光学接続装置の製造方法。

【請求項16】請求項13または14記載の光学接続装置において、

前記アライメントマーカを、前記平板マイクロレンズアレイに屈折率分布領域として形成する光学接続装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、面発光レーザや空間光変調素子等の光電子部品を容易に集積化実装可能な、屈折率分布型ロッドレンズと平板マイクロレンズアレイと

を組み合わせた光配線ボード (Optical bus Interconnection System) に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信、光交換、光コンピューティング等の分野で様々なデバイス、システムが提案・研究され、徐々に実用化に向かっていて、近年、光実装技術についての研究がクローズアップされてきている。光電子部品（デバイス）間の光情報の接続が光インターコネクションであるとすれば、それらデバイスをどのように配置固定するかといったモジュール化技術も、光インターコネクション技術の重要な一要素であると言える。特に、光の2次元パターンを空間伝搬させる、いわゆるフリースペース光インターコネクション（3次元光接続）では、その光実装技術の重要性は高い。これは、フリースペース光インターコネクションが、取り扱える情報量とその並列性、接続の自由度等の点で高い能力が期待される反面、モジュール化・実装に関わる多くの問題点を抱えているからである。具体的には、①各光学系構成部品に対する x 、 y 、 z 、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z の6軸の精密アライメント調整が必要である、②小型化が困難である、③温度変化、振動等に対する信頼性を得るのが難しい、④バルキーな個別部品の組立によりモジュール化されるため、半導体デバイス作製工程と比較して自動化、標準化が難しい、等がその問題点として挙げられる。

【0003】本出願人は、このような問題点を解決したフリースペース光学系実装技術について提案を行っている（特開平6-337319号公報「光接続装置およびその製造方法」）。この既提案のような光学接続装置によれば、多段多数列に配列させた屈折率分布型ロッドレンズと、その間に挿入固定したプリズムとで構成され、各プリズム上面に共役結像面を備えた、共役結像面間の画像伝送のための基板（以下、光伝播基板という）を備え、この基板の上の、各共役像面位置に平板マイクロレンズアレイを備えた基板（以下、平板マイクロレンズアレイ基板という）を接着固定し、各平板マイクロレンズアレイの焦点面位置に、面発光レーザや空間光変調素子等の光電子部品を配置し、各光電子部品間の光接続を可能にしている。

【0004】このような光学接続装置は、屈折率分布型ロッドレンズと平板マイクロレンズアレイとのハイブリッド光学系になっているため、屈折率分布型ロッドレンズの収差の影響が軽減されて、高性能なアレイ対アレイの光接続が可能となる。また、平板マイクロレンズアレイが1枚の基板で一体で作製されているため、各平板マイクロレンズアレイ位置＝各共役結像面位置（光電子部品配置位置）が、フォトマスク精度の高い位置精度で作製できる。これにより、平板マイクロレンズアレイ基板表面に、光電子部品の表面実装のためのソルダーパッ

ド、電気配線等が、同じくフォトマスク精度で形成でき、各光電子部品を高精度に実装して光電子システムが作製可能となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述した既提案の光学接続装置は、高性能なアレイ対アレイの光接続が可能であるが、光接続の自由度が小さいという欠点がある。

【0006】本発明の目的は、アレイ間の序列の組み合わせや、1対多（one-to-many）、多対1（many-to-one）接続を可能とし、光接続の自由度を拡大した光学接続装置を提供することにある。

【0007】本発明の他の目的は、このような光学接続装置の製造方法を提供することにある。

【0008】

【発明の概要】本発明の光学接続装置は、テレセントリックな結像系を1単位として、この結像系が同一の光軸上に少なくとも1段以上配列されたものが、少なくとも1列以上並列に、光透過性平板内に配列された光伝播基板と、前記光伝播基板内の前記光軸上に設けられ、光を前記光軸とは直角の方向に、かつ前記光伝播基板の一方の面側に向かうように光路を変更する少なくとも2個以上の光路変更素子と、前記光伝播基板の前記一方の面側に設けられ、前記光路変更素子に対向する位置に複数の平板マイクロレンズアレイを有する平板マイクロレンズアレイ基板と、前記結像系の光軸上に設けられた少なくとも1個以上の回折光学素子と、前記光伝播基板の他方の面側の共役像面およびまたはフーリエ変換面に設けられた少なくとも2個以上の光電子部品とを備えている。

【0009】さらに、本発明の光学接続装置の製造方法は、第1および第2の光透過性平面基板に、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工またはエッチングにより溝を作製する工程と、半径方向に屈折率分布を持つ円柱形状の長尺ロッドレンズを、前記溝に配列し、第1および第2の光透過性平面基板間に一体化し固定する工程と、前記第1の光透過性平面基板および前記ロッドレンズを、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工により、前記第2の光透過性平面基板の一部を残して、前記ロッドレンズの軸と垂直な方向に切断することによって、屈折率分布型ロッドレンズに分割する工程と、前記分割により形成された前記屈折率分布型ロッドレンズと屈折率分布型ロッドレンズとの隙間に、光路変更素子および第1の透過型回折光学素子を挿入固定して、光伝播基板を作製する工程と、複数の平板マイクロレンズアレイを有する平板マイクロレンズアレイ基板の、前記光路変更素子に対向した平板マイクロレンズアレイのレンズ面側に第2の透過型回折光学素子を作製する工程と、前記平板マイクロレンズアレイ基板を前記光伝播基板にアライメントして接着固定する工程と、前記平板マイクロレンズアレイ基板のマイクロレンズとは反対側の面に光電子部品を実装する工程とを含んでいる。

【0010】

【実施例】図1は、本発明の光学接続装置の構成の理解を助けるための概略図である。光学接続装置は、屈折率分布型ロッドレンズ10が多段かつ平行な多数列に配列された光伝播基板12と、基板12に接着固定された平板マイクロレンズアレイ基板16と、基板16に表面実装された光電子部品14とから構成され、光路中に回折光学素子18が設けられている。光伝播基板12と平板マイクロレンズアレイ基板16との間にも回折光学素子が設けられているが、図面を簡単にするため省略してある。

【0011】屈折率分布型ロッドレンズは、中心から外周にかけて半径方向にほぼ2乗分布で減少するような屈折率分布をもっており、屈折率勾配によってロッド内の光線が曲げられてレンズとして作用するものであり、セルフフォーカス (SELF FOC) の登録商標で日本板硝子株式会社より市販されている。また平板マイクロレンズアレイは、ガラス基板表面近傍にイオン交換法を用いて略半球状の微小なレンズがアレイ状に形成されたものである。この明細書では、このような平板マイクロレンズアレイを複数備える基板を、平板マイクロレンズアレイ基板と呼ぶ。マイクロレンズアレイはこれに限らず、回折をベースにしたマイクロフレネルレンズアレイ、樹脂成型球面レンズアレイ等であってもよい。

【0012】このような光学接続装置における1段の代表的な結像系を図2に示す。1段の結像系を構成する光伝播基板12は、倒立等倍の結像系を形成するようにテレセントリック配置した2個の屈折率分布型ロッドレンズ101、102と、屈折率分布型ロッドレンズ101と103との間に設けられたプリズム201と、屈折率分布型ロッドレンズ102と104との間に設けられたプリズム202と、屈折率分布型ロッドレンズ101と102との間のフーリエ変換面に設けられた透過型回折光学素子182とからなり、これらは2枚のガラス基板191と192との間に挟まれている。また、1段の結像系を構成する平板マイクロレンズアレイ基板16は、複数のマイクロレンズがマトリックス状に形成された2個の平板マイクロレンズアレイ221、222と、平板マイクロレンズアレイのレンズ面に設けられた透過型回折光学素子181、183とからなり、回折光学素子181、183はプリズム201、202に対向する位置に設けられている。平板マイクロレンズアレイ181の焦点面位置には発光素子アレイ141が、平板マイクロレンズアレイ182の焦点面位置には受光素子アレイ142が設けられている。発光素子アレイ141および受光素子アレイ142は、複数の発光素子および受光素子がそれぞれマトリックス状に配列されている。

【0013】以上のような結像系においては、発光素子アレイ141の発光面と受光素子アレイ142の受光面とが共役像面を形成し、発光素子アレイ141の光の2

次元パターンが受光素子アレイ142に伝播される。

【0014】図2の構成において、プリズム202を、1/4波長板と偏光ビームスプリッタとミラーよりなる光路変更素子に置き換え、受光素子アレイ142を、空間光変調デバイスに置き換えれば、光の2次元パターンを変調して次段の結像系に伝播することができる。

【0015】平板マイクロレンズアレイ基板16上に表面実装される光電子部品は、光学接続装置の用途に応じて種々選択することができる。例えば、光入出力デバイスとしては、半導体レーザーアレイ (面発光レーザー)、LEDアレイ、光ディテクタアレイ、受光部あるいは発光部を持つ光スイッチアレイや空間光変調デバイス、光ファイバアレイ、光導波路の光結合部分などである。また、光変換デバイスとしては、面に入射する光線、あるいは1次元または2次元の光情報の強度、位相、波面形状、伝播方向、偏光等を変換する面を備えたデバイスであれば、いかなる種類のものであってもよい。

【0016】さて、図2の結像系に用いられている回折光学素子181、182、183について説明する。回折光学素子は、いずれも透過型であり、マトリックス状に配列された回折格子よりなる。回折格子は、例えば図3に示すように、階段状格子24が平行に形成されている。格子ピッチを p としたとき、回折角 θ は、 $\sin \theta = \lambda / p$ で表される。ただし、 λ は入射光の波長である。格子ピッチ p が小さくなるほど、回折角は大きくなる。また、図示の回折格子では階段状格子面の光路長を、0、 $\lambda / 4$ 、 $\lambda / 2$ 、 $3 \lambda / 4$ と4ステップにしているが、さらに細かく8ステップにすれば、回折効率を高めることができる。

【0017】図4に、フーリエ変換面に配置された回折光学素子182の各回折格子アレイの格子方向および格子ピッチの一例と、各回折格子による (X、Y) 方向への光のシフト量を示す。回折光学素子182は、光のシフト量を定めるためのものであり、各回折格子が発光素子アレイの各素子と1対1に対応する必要はない。

【0018】図4 (A) には、略円形の回折格子26が (X、Y) マトリックス状に配列されている回折光学素子182を示す。なお、(X、Y) 方向は、図示の矢印方向とする。階段状格子の方向およびピッチを選択することにより、図4 (B) に示すように、光のシフト量を決定できる。図示の例では、X方向に-2、-1、0、+1、+2およびY方向に-2、-1、0、+1、+2の量だけシフトさせることができる。

【0019】回折光学素子181、183についても、上述のような回折格子アレイで構成できるが、回折光学素子181は、発光素子アレイ141の各発光素子から光軸に平行に出射され、平板マイクロレンズアレイ221の対応するマイクロレンズを透過した光を、回折光学素子182の所望のシフト量の回折格子26に透過させるために偏向する。また、回折光学素子183は、回折

光学素子182を透過してきた光を、平板マイクロレンズアレイ222の各マイクロレンズに対し垂直に入射するように偏向する。平板マイクロレンズアレイ222の各マイクロレンズを透過した光は平行光となって、受光素子アレイ142の対応する受光素子に入射する。

【0020】図5は、図2の倒立等倍結像系の等価光学系であり、回折光学素子182に図4の回折光学素子を用いた場合のY方向における光チャネルの接続の一例を示す。発光素子アレイ141のY方向の光チャネルを上から1, 2, 3, 4とした場合、回折光学素子181, 182, 183が設けられていなければ、受光素子アレイ142には上から光チャネル4, 3, 2, 1の順に入射する。

【0021】図5の光接続の例では、チャネル1, 3の光は、平板マイクロレンズアレイ221, 回折光学素子181, プリズム201, 屈折率分布型ロッドレンズ101を経て回折光学素子182のY方向シフト量が+1の回折格子に入射し、一方、チャネル2, 4の光は、回折光学素子182のY方向シフト量が-1の回折格子に入射する。回折光学素子182でY方向に偏向された光は、屈折率分布型ロッドレンズ102, プリズム202, 回折光学素子183を経て、上から光チャネル3, 4, 1, 2の順で平板マイクロレンズアレイ222に入射し、光学系の光軸に平行にされ対応する受光素子に入射する。

【0022】次に、図2の結像系の他の例を説明する。図2に示した結像系は、2個の屈折率分布型ロッドレンズ101と102との間のフーリエ変換面に回折光学素子182を設けているが、この回折光学素子を他の2個の回折光学素子181, 183と同様に平板マイクロレンズアレイ基板16に形成してもよい。図6にその結像系を示す。この場合、屈折率分布型ロッドレンズ101と102との間に、45度の偏光選択性面を2面有する偏光ビームスプリッタ28と上面に設けられた1/4波長板30とからなる光路変更素子を配置し、1/4波長板30と対向する平板マイクロレンズアレイ基板16の面には、反射型の回折光学素子184を形成する。

【0023】このような結像系においては、発光素子アレイ141からP偏光を出射する。偏光ビームスプリッタ28はP偏光を反射し、反射されたP偏光は1/4波長板30を通過して回折光学素子184で反射、偏向され、再び1/4波長板30を通過してS偏光とされ、偏光ビームスプリッタ28で反射されて、屈折率分布型ロッドレンズ102の方向へ伝播する。この構成の結像系では、3個の回折光学素子181, 182, 184を平板マイクロレンズアレイ基板16に形成するので、図2の構造に比べて製造が容易になるという利点がある。なお回折光学素子184は反射型としたが、ミラーに透過型回折光学素子を設けたものを使用してもよい。

【0024】次に、本発明による光接続装置の製造方法

について説明する。代表的な例として、図6の結像系を有する光学接続装置を製造するものとする。

【0025】まず、図7に示すように、研磨されたガラス基板32とカバーガラス基板34の各々の一方の面に、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工によって、例えば半円状や矩形の断面を持つレンズ配列用溝36を作製する。このレンズ配列用溝に、直径4mmの長尺の屈折率分布型ロッドレンズ38を配列した後、2枚のガラス基板32, 34を接着して屈折率分布型ロッドレンズ38とガラス基板32とカバーガラス基板34とを一体化化する。

【0026】次に、図8(A)に示すように、接着一体化したカバーガラス基板34の面側から、ダイヤモンドブレード40を入れて、カバーガラス基板34の部分および屈折率分布型ロッドレンズ38を切断し、かつガラス基板32の一部分を残して、幅が5mmの矩形の垂直溝42を複数本作製する。このとき、図8(B)に示すように、溝42の両側面421, 422および底面423は、表面粗さRmaxで、数μm以下程度の平面に仕上がるような番手を持つダイヤモンドブレード40(研削部分: 401)を用いて研削加工する。これにより屈折率分布型ロッドレンズ38は切断されて、長さが4.2mmの個々の屈折率分布型ロッドレンズが形成される。そして、これら矩形垂直溝42に、プリズム、偏光ビームスプリッタを挿入し固定する。なおこのとき、前記研削加工によって若干粗された屈折率分布型ロッドレンズ端面における、光散乱を抑えるために、各プリズム、偏光ビームスプリッタの垂直溝を接触する面と、垂直溝の対応する面(図7の421, 422, 423)との間に、屈折率マッチング材料を充填する屈折率マッチング処理を施してもよい。

【0027】最後に、カバーガラス基板の研削除去された部分をガラスで埋めることにより、機械振動、ゴミ混入等に対する信頼性を確保する。以上のようにして、光伝播基板12が作製される。なお以上の例では、屈折率分布型ロッドレンズを挟む基板にはガラス基板を用いたが、使用波長の光を透過する平行平面基板であればよく、例えばアクリル基板であったり、また使用波長が1.3μm、または1.5μm程度であるときには、シリコン基板であったりする。

【0028】以上の方法によれば、各屈折率分布型ロッドレンズはもともと1本の長尺の屈折率分布型ロッドレンズを切断して作製されるため、結像系における光軸の完全な同軸性が確保できる。このため、例えば挿入部品の位置ずれが起きた場合に、そのずれは結像系を伝搬しても増幅されることがなく、最初のずれのままである。この光軸の同軸性が確保されていないと、ずれが生じた場合には、結像系を伝搬していくとそのずれが増幅されることになってしまう。

【0029】一方、平板マイクロレンズアレイ基板16

のマイクロレンズアレイが形成されている面には、透過型回折光学素子および反射型回折光学素子がフォトリソグラフィ技術を用いて作製される。なお、平板マイクロレンズアレイ基板16には、直径 $225\mu\text{m}$ 、 $f=625\mu\text{m}$ 、ピッチ $250\mu\text{m}$ のマイクロレンズアレイが設けられている。

【0030】このような平板マイクロレンズアレイ基板16を、光伝播基板12にアライメントして接着固定するが、アライメントの方法について以下に説明する。

【0031】図9(A)に示すように、テレセントリックな等倍結像系の第1の共役像面にある平板マイクロレンズアレイ221のマイクロレンズ44の領域外の部分に第1のアライメントマーカーとして正方形の頂点に位置する4個のピンホール46を設ける。一方、図9(B)に示すように、第2の共役像面にある平板マイクロレンズアレイ222に、ピンホールに対応する位置に第2のアライメントマーカーである4個の十字パターン48をパターンニングする。

【0032】このようなアライメントマーカーとしてのピンホールおよび十字パターンは、次のようにして作製される。平板マイクロレンズアレイのレンズ面側には、例えばCr膜あるいはCr/Cr₂O₃積層膜よりなる遮光膜が設けられるが、この遮光膜を開口することにより形成する。具体的には、Cr/Cr₂O₃膜をスパッタ蒸着し、フォトリソグラフィでレンズ部分およびアライメントマーカー部分をパターンニングして、エッチング除去することにより形成される。あるいは、イオン交換法によりマイクロレンズを形成するときに、アライメントマーカーも屈折率分布領域として作り込むこともできる。

【0033】平板マイクロレンズアレイ基板16を光伝播基板12にアライメントする場合、第1の共役像面のピンホール46に光を照射する。ピンホールを通過した光は、透過型回折光学素子181の格子の無い部分を透過し、反射型回折光学素子184の格子の無い部分で反射され、透過型回折光学素子183の格子の無い部分を透過して、平板マイクロレンズアレイ222のレンズ側の面に結像する。第2の共役像面において、ピンホール46の像461と十字パターン48との重なり状態を観察することによって、ピンホールの像461が十字パターン48の中心に一致するようにする。このようなアライメントは、画像モニターアライメント装置を用いて行うことができる。図10(A)にピンホールの像461が十字パターン48に一致している状態を、図10(B)にピンホールの像461が十字パターン48に対しずれている状態を示す。図10(A)のように一致したならば、平板マイクロレンズアレイ基板16は光伝播基板12に位置決めされたとして、平板マイクロレンズアレイ基板16を光伝播基板12に接着固定する。

【0034】図11に、光伝播基板と平板マイクロレン

ズアレイ基板との位置ずれを説明するための、等価光学系を示す。理解を容易にするため、回折光学素子は除外してある。図11(A)には、平板マイクロレンズアレイ基板と光伝播基板とのアライメントが合っている状態を、図11(B)は位置ずれがある状態を示す。位置ずれがあると、光束が受光側の平板マイクロレンズアレイ位置でずれてしまう。位置ずれが生じると、光の利用効率が低下する、クロストークが発生する等の問題が生じる。

【0035】なお以上のアライメントの例では、1つのテレセントリックな等倍結像系を用いて位置決めを行ったが、光の2次元パターンを複数の等倍結像系にわたって伝播することができる場合には、できるだけ遠い距離間でピンホールと十字パターンの位置合わせを行うようにすれば、アライメント精度が向上する。

【0036】また、4個のピンホールの像のうち2個を第2の共役像面で2個の十字パターンと位置合わせし、他の2個のピンホールを次段の第3の共役像面で2個の十字パターンと位置合わせする様にし、2眼式顕微鏡で第2および第3の共役像面を同時にモニタした方がアライメント精度がさらに向上する。

【0037】次に、光電子部品14を平板マイクロレンズアレイ基板16上に実装するが、光電子部品の平板マイクロレンズアレイ基板へのアライメントは、次のようにして行われる。すなわち、図12に示すように、平板マイクロレンズアレイ基板16に、半球状のエッチング凹部52を複数個形成し、一方、光電子部品14の基板にも、平板マイクロレンズアレイ基板のエッチング溝に1対1に対応する半球状のエッチング凹部54を複数個形成しておく。光電子部品14を、平板マイクロレンズアレイ基板16上に実装するに際しては、対応するエッチング凹部52、54にボールレンズ56を挟むようにして、光電子部品14を配置する。このように、光電子部品の平板マイクロレンズアレイ基板に対するアライメントは、機械的な方法により行うことができる。アライメントの後、図13に示すように、平板マイクロレンズアレイ基板および光電子部品に設けられたソルダーパッド60、62をソルダーリングすることにより実装する。なお、平板マイクロレンズアレイ基板16の電子部品側の面には、電子部品への信号入力等のために配線パターン64がパターンニングされている。

【0038】以上の光電子部品の平板マイクロレンズアレイ基板へのアライメントは、エッチング溝とボールレンズを用いる機械的な方法によっているが、このような機械的なアライメントでは、精度に限界がある。そこで、光電子部品の位置ずれに対する許容幅が大きいことが要求される。

【0039】このような位置ずれに対する許容幅を拡大する方法を説明する。図2および図6に示したようなテレセントリックな倒立等倍共役結像系の場合、第1の共

役像面と第2の共役像面において、光束は平板マイクロレンズアレイ基板上で同一方向にずれる。したがって図14に示すように、光伝播基板が図2および図6で示した光伝播基板12である場合には、平板マイクロレンズアレイ基板68として、両面に共軸に1対1対応のマイクロレンズアレイ701、702を有し、厚さがマイクロレンズの焦点距離に相当する平板マイクロレンズアレイ基板を用いれば、光電子部品のアライメントは容易になる。

【0040】図15(A)に、発光素子アレイ141の発光素子の位置が、マイクロレンズの光軸に対し図において左方向に Δ だけずれた場合の光束を示している。光がマイクロレンズ701の光軸に対し Δ だけずれて入射しても、マイクロレンズ701により主光線は対応するマイクロレンズ702の中心に進み、マイクロレンズ702によりマイクロレンズの光軸に対し傾いた平行な光束として出射される。

【0041】第2の共役像面では、図14(B)に示すように、マイクロレンズ701、702を透過した光は、マイクロレンズの光軸に対し、図において左方向に Δ だけずれて合焦する。受光素子アレイ142自体も全体に左方向に Δ だけずれているので、光は受光素子アレイの受光素子に入射する。

【0042】以上のように、1段の結像系をテレセントリックな倒立等倍共役結像系で構成する場合には、両面に平板マイクロレンズアレイが設けられた平板マイクロレンズアレイ基板を用いることによって、光電子部品のアライメントに際し位置ずれの許容幅を拡大することができ、アライメントが容易になる。

【0043】以上の製造方法の説明では、図6の構造の光学接続装置の製造方法について説明したが、図2に構造の光学接続装置の製造方法についても、ほぼ同様に行うことができる。ただし、透過型回折光学素子182は、両側をスペーサガラスで挟んで屈折率分布型ロッドレンズ101と102との間に固定される。

【0044】また、以上の実施例では、回折格子がマトリックス状に形成された回折光学素子を用いたが、このような光学接続装置では、光接続が一義的に決められてしまい、光接続を可変できない。以下の実施例では、このような問題を解決した光学接続装置について説明する。

【0045】図16は、平板マイクロレンズアレイ基板72と光伝播基板74との間に液晶空間光変調素子76を挟んで、所望の偏向角に対応する回折格子パターンを書込むことができるようにした光学接続装置の断面図である。光伝播基板74は、屈折率分布型ロッドレンズ101と102との間に設けられた、45度の偏光選択性面を1面有する偏光ビームスプリッタ78と、偏光ビームスプリッタの上下面に設けられた2個の1/4波長板80、82と、1/4波長板82の下面に設けられたミ

ラー84とからなる光路変更素子を備えている。一方、屈折率分布型ロッドレンズ101の反対側の面にはプリズム86が設けられ、屈折率分布型ロッドレンズ102の反対側の面には、45度の偏光選択性面を1面有する偏光ビームスプリッタ88と、偏光ビームスプリッタの上下面に設けられた2個の1/4波長板90、92と、1/4波長板92の下面に設けられたミラー94とからなる光路変更素子を備えている。

【0046】平板マイクロレンズアレイ基板72上には、プリズム86に対応して、発光素子アレイ94が、偏光ビームスプリッタ88に対応して受光素子アレイまたは光変調デバイス96が実装されている。

【0047】図17に液晶空間光変調素子76の一部の拡大断面図を示す。平板マイクロレンズアレイ基板72と光伝播基板74の上部ガラス基板との間に、アルカリパッシベーション層100、透明導電膜102、強誘電体液晶等の液晶層104、干渉ミラー106、フォトコンダクタ108、透明導電膜200が積層されている。

【0048】以上のような光学接続装置において、信号光の波長と異なる書込光を用いて、所望の偏向角に対応する回折格子パターンを液晶層104に書込むことにより、各回折格子をパターン変更可能として光接続パターンを可変とする。書込み光と信号光とは、干渉ミラー106を用いて分離する。液晶層104の面積は、図16に示すように基板全面に拡げても良いし、あるいは必要箇所のみ限定してもよい。

【0049】このような結像系においては、発光素子アレイ94からP偏光を出射する。偏光ビームスプリッタ78はP偏光を反射し、反射されたP偏光は1/4波長板82を通りミラー84で反射され、再び1/4波長板82を通過してS偏光とされ、1/4波長板80を通過して回折格子パターンで反射され、再び1/4波長板80を通過してP偏光にされ、偏光ビームスプリッタ78で反射され、偏光ビームスプリッタ88の方向へ伝播される。偏光ビームスプリッタ88はP偏光を反射し、反射されたP偏光は1/4波長板92を通りミラー94で反射され、再び1/4波長板92を通過してS偏光とされ、1/4波長板90を通過して平板マイクロレンズアレイ基板72に入射する。

【0050】以上のような光学接続装置によれば、回折格子パターンを書込信号で書込むことができるので光接続の自由度がさらに増大する。

【0051】以上の各実施例では、テレセントリックな等倍結像系について説明したが、これに限られるものではなく、テレセントリックな拡大結像系または縮小結像系にも本発明を適用できることは明らかである。

【0052】また、以上の各実施例では、2個の屈折率分布型ロッドレンズと2個の平板マイクロレンズアレイとよりなる結像系において、平板マイクロレンズアレイのレンズ面が共役の関係にある例について説明したが、

図18に示すように、平板マイクロレンズアレイ221で共役面を形成し、2個の屈折率分布型ロッドレンズ101と102とで共役面を形成し、平板マイクロレンズアレイ222で共役面を形成するようにすれば、平板マイクロレンズアレイ221と222との距離を大きくとることができるので、本発明のように、平板マイクロレンズアレイと屈折率分布型ロッドレンズとの間にプリズム、偏光ビームスプリッタ、1/4波長板、ミラーなどの種々の光学素子が配置される構造に好適である。

【0053】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、テレセントリックな結像系の光軸上に回折光学素子を設け、光をシフトできるようにしたので、アレイ間の序列の組み替えや、1対多(one-to-many)、多対1(many-to-one)接続を可能とし、光接続の自由度を拡大した光学接続装置を提供することが可能となった。

【0054】さらには、回折光学素子として回折格子パターンを書込みすることができる液晶空間光変調素子を用いれば、自由な光接続を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光学接続装置の構成の理解を助けるための概略図である。

【図2】図1の光学接続装置における1段の代表的な結像系を示す図である。

【図3】回折格子の断面図である。

【図4】フーリエ変換面に配置された回折光学素子の各回折格子アレイの格子方向および格子ピッチの一例と、各回折格子による(X, Y)方向への光のシフト量を示す図である。

【図5】図2の倒立等倍結像系の等価光学系を示す図である。

【図6】結像系の他の例を示す図である。

【図7】研磨されたガラス基板とカバーガラス基板の各々の一方の面に、ダイヤモンドブレードを用いた研削加工によって、配列用溝を作製する工程を示す図である。

【図8】屈折率分布型ロッドレンズの切断工程を示す図である。

【図9】平板マイクロレンズアレイに設けられたアライメントマーカを示す図である。

【図10】ピンホールの像と十字パターンの位置関係を示す図である。

【図11】光伝播基板と平板マイクロレンズアレイ基板との位置ずれを説明するための、等価光学系を示す図である。

【図12】光電子部品の平板マイクロレンズアレイ基板への実装工程を示す図である。

【図13】光電子部品の平板マイクロレンズアレイ基板へのソルダリングによる実装工程を示す図である。

【図14】両面に平板マイクロレンズアレイを有する基板を用いた結像系を示す図である。

【図15】両面に平板マイクロレンズアレイを有する基板の発光側および受光側の光束を示す図である。

【図16】液晶空間光変調素子を用いて、所望の偏向角に対応する回折格子パターンを書込むことができるようにした光学接続装置の断面図である。

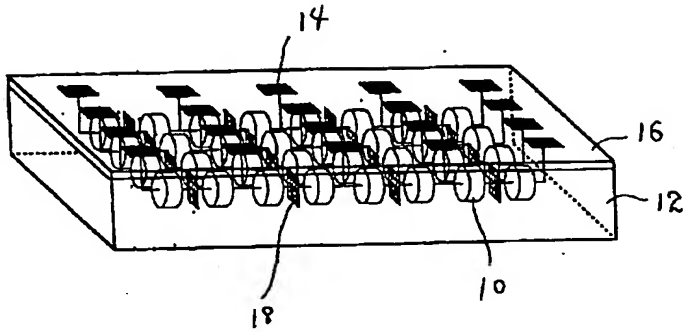
【図17】液晶空間光変調素子の一部の拡大断面図である。

【図18】平板マイクロレンズアレイと屈折率分布型ロッドレンズとの配置の一例を示す図である。

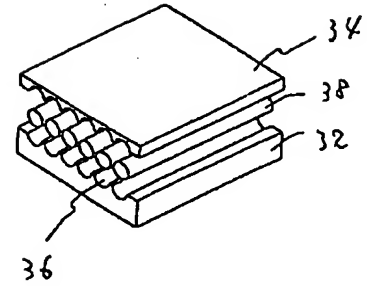
【符号の説明】

- 10, 101, 102 屈折率分布型ロッドレンズ
- 12 光伝播基板
- 14 光電子部品
- 20 16 平板マイクロレンズアレイ基板
- 18, 181, 182, 183, 184 回折光学素子
- 191, 192 ガラス基板
- 201, 202 プリズム
- 221, 222 平板マイクロレンズアレイ
- 24 階段状格子
- 26 回折格子
- 28, 78 偏光ビームスプリッタ
- 30, 90, 92 1/4波長板
- 32 ガラス基板
- 30 34 カバーガラス基板
- 36 レンズ配列用溝
- 38 屈折率分布型ロッドレンズ
- 40 ダイヤモンドブレード
- 42 垂直溝
- 44 マイクロレンズ
- 46 ピンホール
- 48 十字パターン
- 52, 54 エッチング凹部
- 56 ボールレンズ
- 40 62, 64 ソルダーパッド
- 66 配線パターン
- 68 平板マイクロレンズアレイ基板
- 701, 702 マイクロレンズアレイ
- 76 液晶空間光変調素子

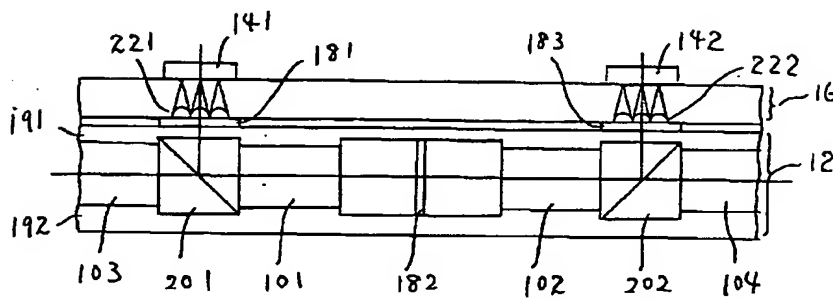
【図1】



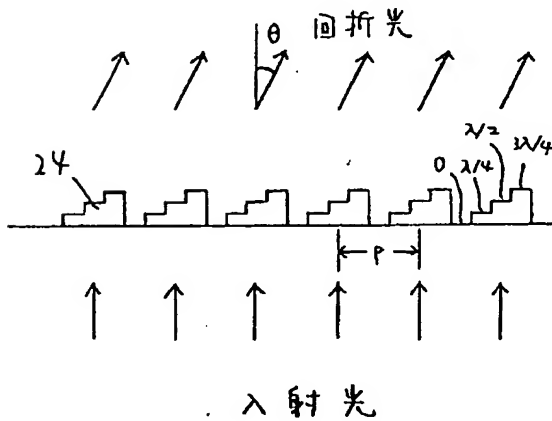
【図7】



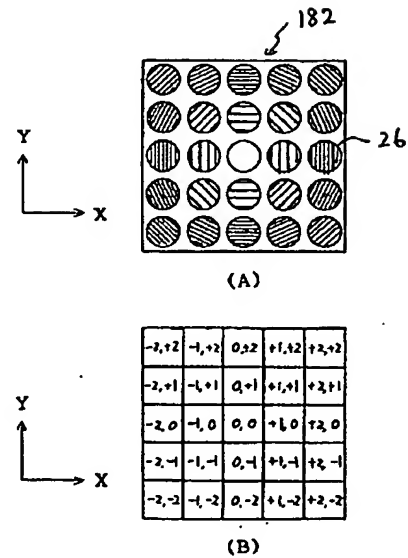
【図2】



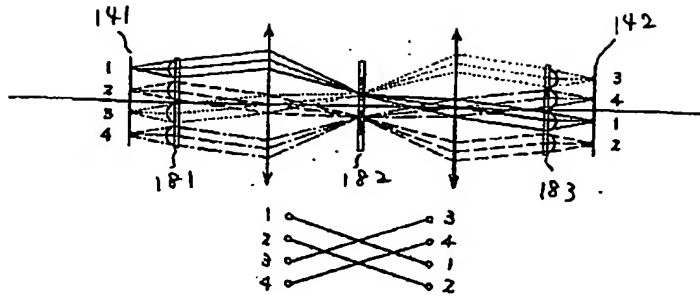
【図3】



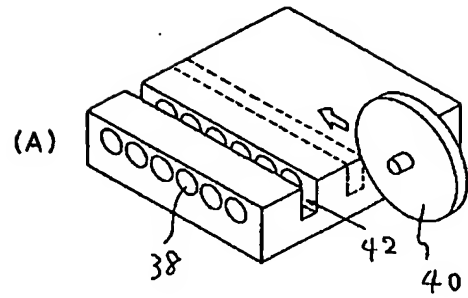
【図4】



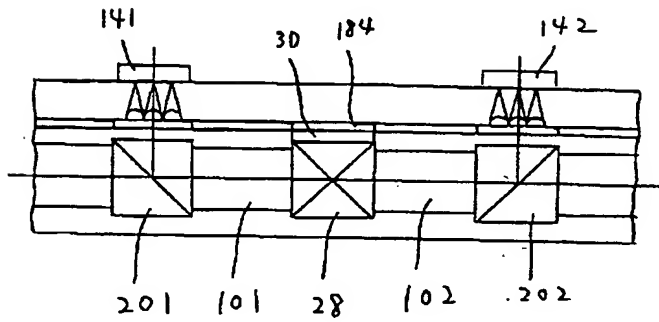
【図5】



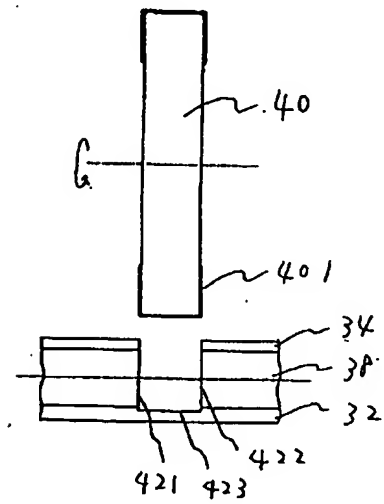
【図8】



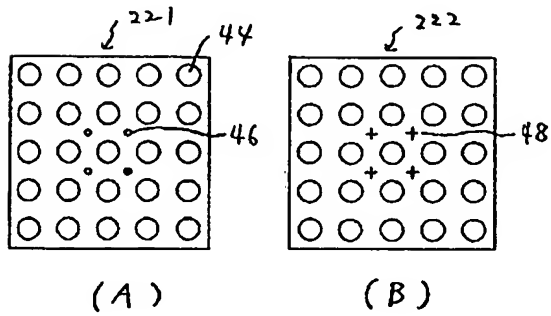
【図6】



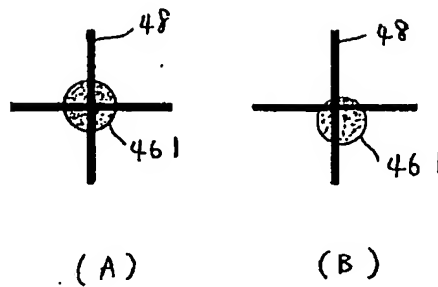
(B)



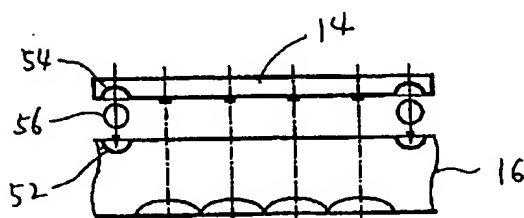
【図9】



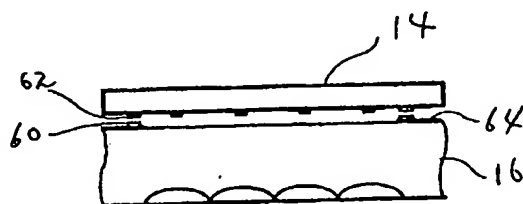
【図10】



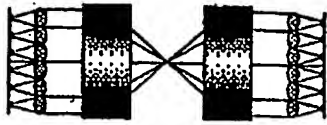
【図12】



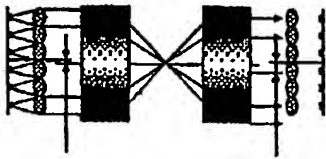
【図13】



【図11】

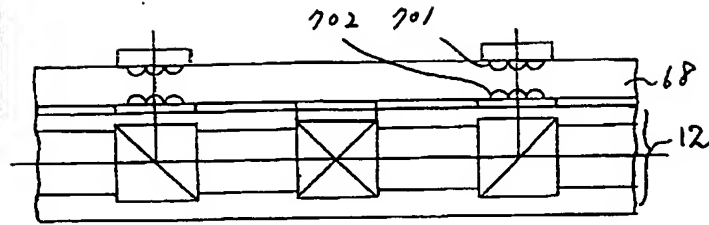


(A)

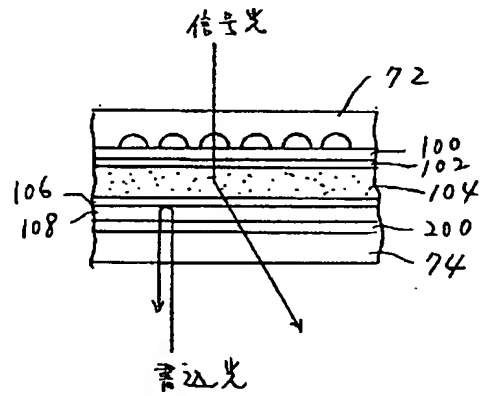


(B)

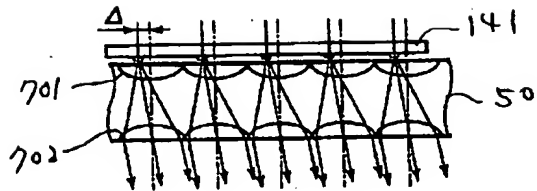
【図14】



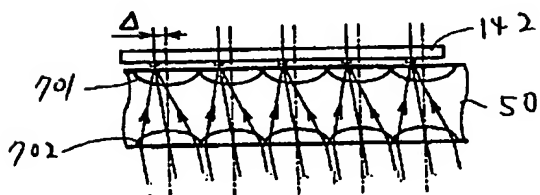
【図17】



【図15】

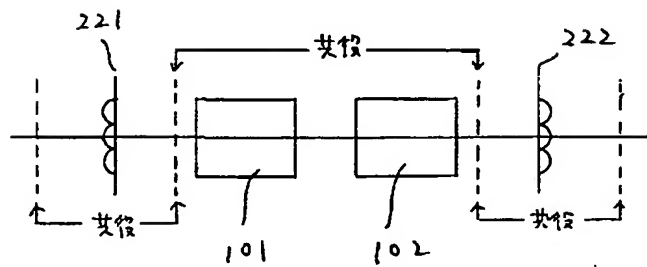


(A)

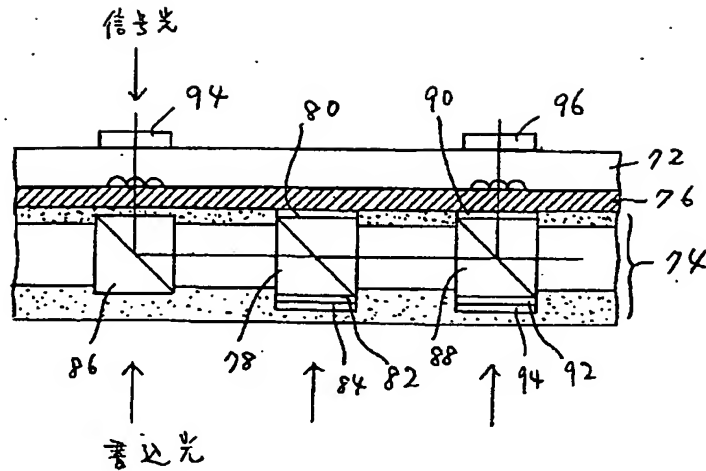


(B)

【図18】



【図16】



【手続補正書】

【提出日】平成7年2月21日

【手続補正1】

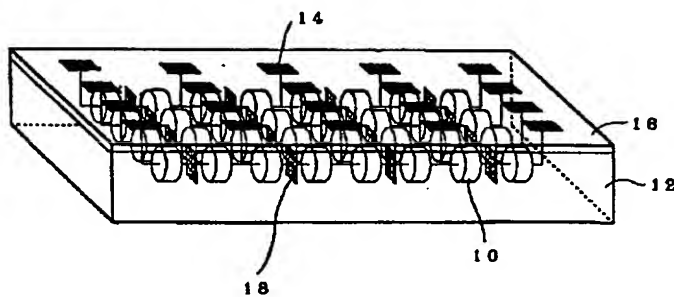
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

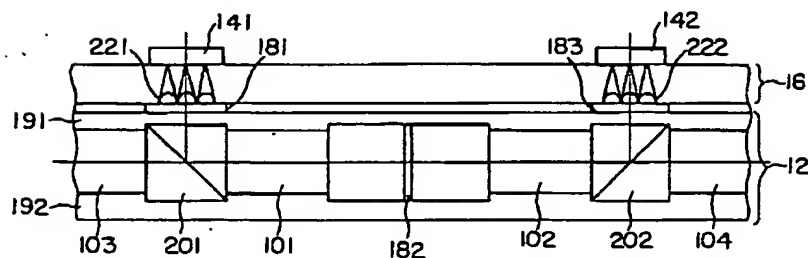
【補正方法】変更

【補正内容】

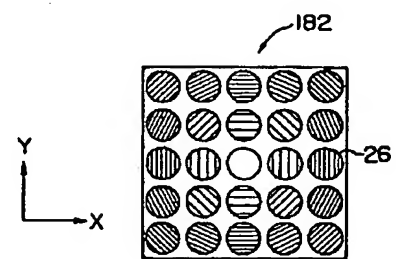
【図1】



【図2】



【図4】



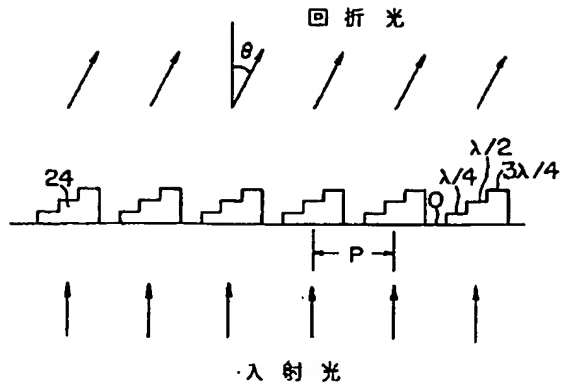
(A)



-2,+2	-1,+2	0,+2	+1,+2	+2,+2
-2,+1	-1,+1	0,+1	+1,+1	+2,+1
-2,0	-1,0	0,0	+1,0	+2,0
-2,-1	-1,-1	0,-1	+1,-1	+2,-1
-2,-2	-1,-2	0,-2	+1,-2	+2,-2

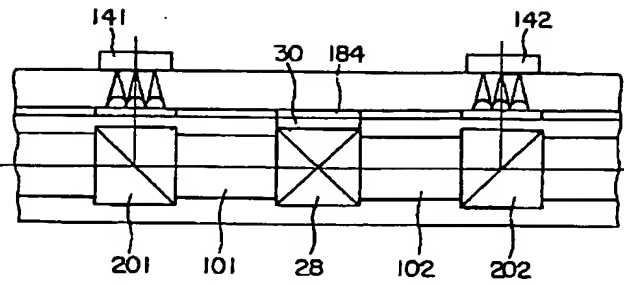
(B)

【図3】



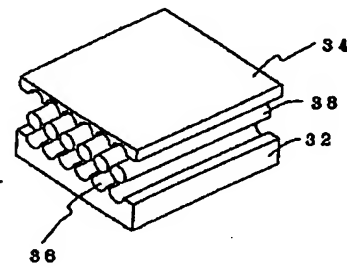
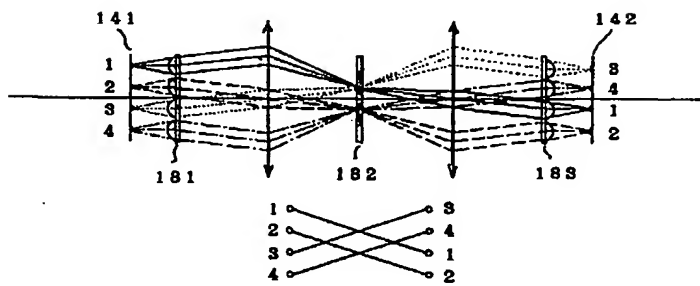
* *

【図6】



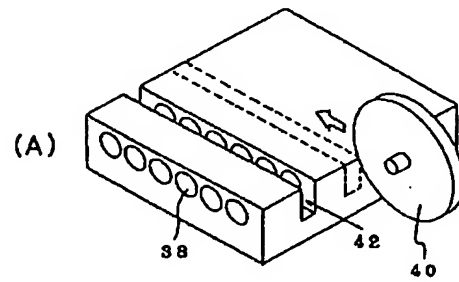
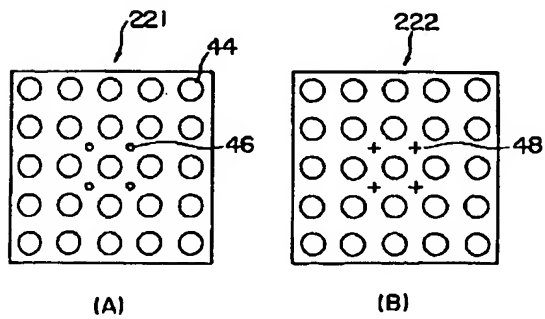
【図7】

※ ※

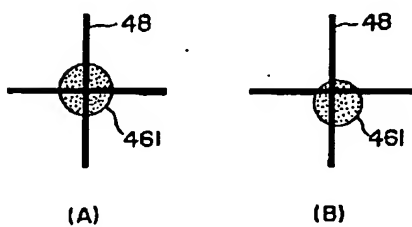


【図8】

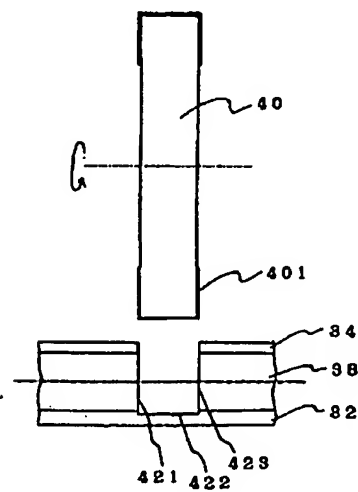
【図9】



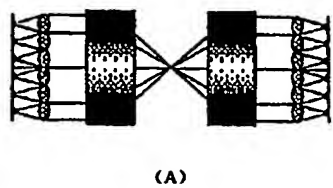
【図10】



(B)

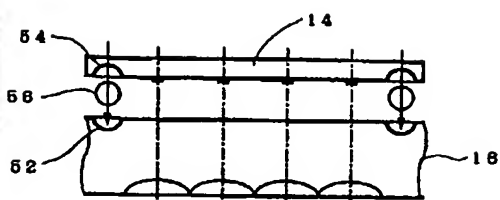


【図11】

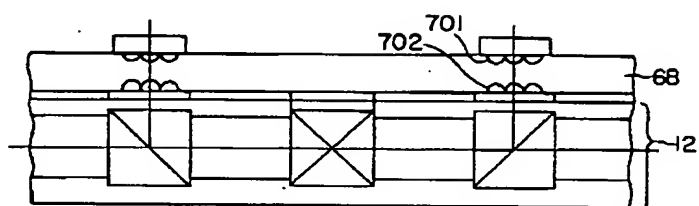


(A)

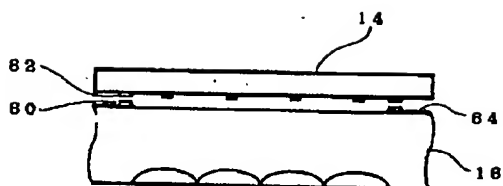
【図12】



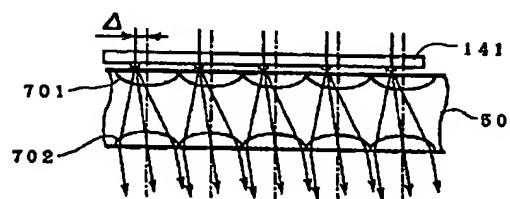
【図14】



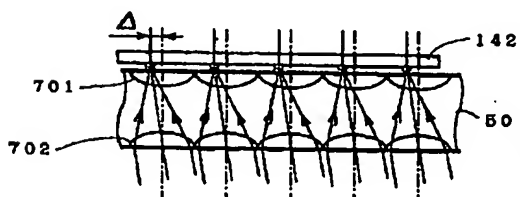
【図13】



【図15】

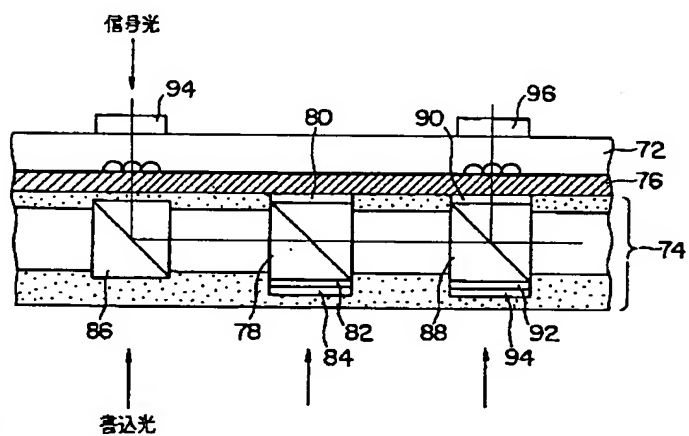


(A)

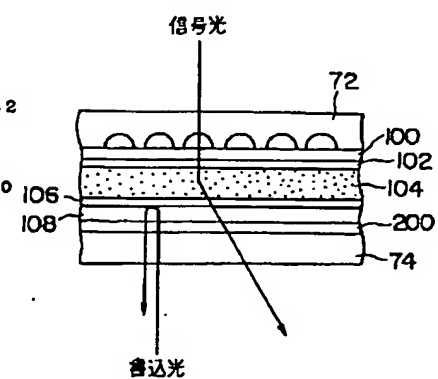


(B)

【図16】



【図17】



【図18】

